

**Бем Н.В. Перспективные направления реализации государственной информационной политики Украины в вопросе евроинтеграции**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены перспективные направления реализации государственной информационной политики Украины в вопросе евроинтеграции, автор пыталась обозначить существующие проблемы в Украине в этой сфере, необходимость существенных внутренних изменений в структурах власти и украинском обществе на пути к евроинтеграции.

**Ключовые слова:** евроинтеграция, информационная политика, реформирование экономической и социальной сфер.

**Bem N.V. Perspective directions for implementation of Ukraine's state information policy in the sphere of Euro-integration**

**Abstract.** The article deals with the perspective directions for implementation of Ukraine's state information policy in the sphere of Euro-integration. The author has attempted to outline the current problems in this sphere; to show the necessity for essential internal transformations of the power structures and the Ukrainian society on the way to Europeanization.

**Key words:** euro-integration, information policy, reformation of economic and social spheres.

Отримано 27 вересня 2012 року, затверджено редколегією 28 листопада 2012 року  
(рецензент д.т.н., професор І.І. Тюрменко)

## БЕЗПЕКА ІНФОРМАЦІЙНИХ І КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ / SECURITY OF INFORMATION & COMMUNICATION SYSTEMS

### РОЗРОБКА ТЕОРЕТИЧНОГО МЕТОДУ АНАЛІЗУ ЗАХИЩЕНОСТІ ПРИМІЩЕНЬ У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПАРАМЕТРІВ КОРИСНИХ СИГНАЛІВ, СИГНАЛІВ ЗАШУМЛЕННЯ ТА РОЗБІРЛИВОСТІ МОВИ

Георгій Конахович, Олексій Голубничий, Роман Одарченко,  
Павло Войдюк

Національний авіаційний університет

**КОНАХОВИЧ Георгій Філімонович**, д.т.н., професор



Рік та місце народження: 1944 рік, м. Васильків, Київська область, Україна.

Освіта: Київський інститут інженерів цивільної авіації (з 2000 року – Національний авіаційний університет), 1968 рік.

Посада: зав. кафедри телекомунікаційних систем з 2003 року.

Наукові інтереси: захист інформації телекомунікаційних систем, ефективність телекомунікаційних систем

Публікації: більше 150 наукових публікацій, серед яких монографії, словники, підручники, навчальні посібники, наукові статті, 18 винаходів.

E-mail: [tko@nau.edu.ua](mailto:tko@nau.edu.ua)

**ГОЛУБНИЧИЙ Олексій Георгійович**, к.т.н., доцент



Рік та місце народження: 1983 рік, м. Київ, Україна.

Освіта: Національний авіаційний університет, 2006 рік.

Посада: доцент кафедри телекомунікаційних систем.

Наукові інтереси: спеціальні телекомунікаційні системи, захист інформації.

Публікації: більше 30 наукових публікацій, серед яких наукові статті та 1 патент на винахід.

E-mail: [dept265@yandex.ru](mailto:dept265@yandex.ru)



**ОДАРЧЕНКО Роман Сергійович**

*Рік та місце народження:* 1988 рік, с. Култук, Слодянського району, Іркутської області, Росія.

*Освіта:* Національний авіаційний університет, 2007 рік.

*Посада:* аспірант кафедри телекомунікаційних систем.

*Наукові інтереси:* системи захисту інформації, складні телекомунікаційні системи.

*Публікації:* більше 20 наукових публікацій, серед яких наукові статті, тези доповідей та 1 патент на винахід.

*E-mail:* [odarchenko.r.s@mail.ru](mailto:odarchenko.r.s@mail.ru)



**ВОЙДЮК Павло Юрійович**

*Рік та місце народження:* 1991 рік, м. Ковель, Волинська область, Україна.

*Освіта:* Національний авіаційний університет, з 2008 року.

*Посада:* студент.

*Наукові інтереси:* інформаційна безпека, телекомунікаційні мережі, акустика.

*Публікації:* більше 10 наукових публікацій, серед яких наукові статті, тези доповідей.

*E-mail:* [pashavoydyuk@mail.ru](mailto:pashavoydyuk@mail.ru)

**Анотація.** Розглядається теоретичний метод оцінки захищеності приміщень в залежності від параметрів корисних сигналів та сигналів зашумлення. Приведена комплексна модель захищеності інформації по акустичному каналу витоку, алгоритм проведення розрахунків та дослідження характеристик звуку в приміщенні, характеристики сигналів зашумлення та розбірливості мови при відомих значеннях акустичного поля.

**Ключові слова:** : реверберація, зашумлення, розбірливість мови, акустичний канал, шум.

**Вступ**

Інформацію, яку прийнято вважати конфіденційною, що поширюється в межах об'єкту інформаційної діяльності, як правило поширюється в акустичному вигляді (мовна інформація). Носієм мовної інформації являються акустичні коливання частинок в вигляді звукових хвиль різної довжини в пружних середовищах. При веденні переговорів в деякому приміщенні формується звукове поле, яке являється простором, в якому розповсюджуються звукові коливання [1]. Ось тут і виникає акустичний канал витоку інформації, яку необхідно захистити існуючими засобами зашумлення приміщень (генератори шуму) при даних параметрах при відомих значеннях розбірливості мови при умові, що шум не буде заважати спокійному веденню переговорів. Вивчення даного питання дуже актуальне в сучасному суспільстві, так як існує потреба в захищенні конфіденційної інформації від шпигунів та зловмисників.

**Постановка проблеми**

Дана тема на сучасному етапі розвитку суспільства являється дуже актуальною науковою і практичною задачею, оскільки інформація, записана в одній випадковій розмові може розкрити не тільки конфіденційні плани установ чи інших конкретних дій, а й визначити його стратегічний розвиток.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій**

В більшості публікацій розглядаються тільки окремі питання на поверхневому рівні щодо

розповсюдження звукових сферичних хвиль в приміщеннях, що характеризують сам фізичний процес розповсюдження [2], статистичні характеристики для розбірливості російської (української) мови [3], характеристики приміщень та практичний підхід до вирішення даного питання на основі вимірів та підбору обладнання [4]. Постає проблема у вітчизняних та закордонних джерелах не розглядалась.

**Постановка мети і задачі наукового дослідження**

Мета даної роботи – створення теоретичної моделі захищеності приміщення мовної інформації від викрадення по акустичному каналу витоку інформації, що циркулює в межах заданого приміщення з врахуванням параметрів даного приміщення, характеристик розповсюдження звукових хвиль та їх параметрів з відстанню із врахуванням процесу реверберації та температури приміщення, а також сигналу зашумлення та статистичних характеристик розбірливості мови.

**Виклад основного матеріалу дослідження**

Акустичним полем називають область пружного середовища, що є джерелом звукової енергії, яке створює акустичне поле. Воно характеризується такими параметрами як звуковий тиск  $p$ , акустичний опір  $z_a$ , інтенсивність  $I$ , та потужність звуку  $P$ . Процес формування звукового поля в приміщенні пов'язаний з явищами реверберації та дифузії. Якщо в приміщенні почне діяти джерело звуку, то в перший момент часу ми

почуємо тільки прямий звук. По досягненні звуковідбиваючої перепони картина поля змінюється через появу відбитих хвиль. Якщо з звуковому полі ми помістимо предмет, розміри якого малі в порівнянні з довжиною звукової хвилі, то практично не спостерігається спотворення звукового поля. Для ефективного відображення необхідно, щоб розміри звуковідбиваючої перепони були більше або дорівнювали довжині звукової хвилі. Після закінчення джерелом випромінювання звуку акустична інтенсивність звукового поля зменшиться до нульового рівня. Будь-яке звукове поле як елемент коливальної системи володіє власною характеристикою затухання звуку – реверберацією.

Стандартному порогу чутності відповідає звуковий тиск  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па або інтенсивність звуку  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>. Швидкість поширення звукової хвилі  $c_{зв}$  в середовищі залежить від маси молекул або атомів, відстані між ними. Для технічних розрахунків

$$c_{зв} = 331 \sqrt{T/273} \quad (1)$$

де  $T$  – температура, К. При нормальному атмосферному тиску і  $T = 290$  К (17°C), швидкість звуку 340 м/с. Рівняння коливального процесу (гармонічного) має вигляд:

$$x = x_m \cdot e^{j\omega t} \quad (2)$$

На відстані  $r$  від джерела звуковий тиск можемо представити у вигляді:

$$p_{зв} = \frac{P_{зв1}}{r} \exp(j(\omega t - kr)), \quad k = 2\pi / \lambda \quad (3)$$

де  $P_{зв1}$  – амплітуда звукового тиску на відстані 1 м від центра сфери,  $k$  – хвильове число. Зменшення тиску з віддаленням пов'язане з розтіканням потужності на все більшу площу –  $4\pi r^2$ . Сумарна

потужність, що протекла через всю площу фронту хвилі не змінюється, тому потужність, що приходить на одиницю площі зменшується пропорційно квадрату відстані, тиск пропорційно квадратному кореню із потужності, тому воно зменшується пропорційно власній відстані. В будь-якій точці простору для сферичної хвилі звуковий тиск дорівнює:

$$p_{зв} = \frac{A}{r} \exp(j(\omega t - kr)), \quad (4)$$

де  $A$  – амплітуда звукового тиску, що дорівнює:

$$A = \sqrt{\frac{P_a \cdot z_a}{2\pi}}, \quad z_a = \rho \cdot c_{зв}, \quad (5)$$

де  $\rho$  – середня щільність середовища. Щільність звукової енергії  $\varepsilon$  – енергія, що міститься в одиниці об'єму середовища розповсюдження. Звукове поле в приміщенні характеризується не тільки характеристиками джерел звуку, але й відбивачів. Отже, існує поле декількох когерентних джерел, для яких характерні: стоячі хвилі, багатопроменевість, інтерференція. Сукупність відбитих променів називають реверберацією. Важливою характеристикою ревербераційного процесу – його

векторні характеристики. Якщо в установленому ревербераційному полі всі напрямки приходу хвиль рівно вірогідні, то воно називається ізотропним. Рівновірогідності потоків енергії хвиль називають ізотропією звукового поля, а сталість звукової енергії за обсягом приміщення – однорідністю. Якщо звукове поле є ізотропним і однорідним, то його називають дифузним. Для дифузного поля характерна відсутність явищ інтерференції.

Процес наростання щільності звукової енергії в приміщенні протікає дуже швидко і непомітно для слуху. Процес спаду (поглинання) звукової енергії, званий реверберацією, протікає значно повільніше і помітно для слуху. Відлуння впливає на слухове сприйняття. Процес наростання і спаду звукової енергії в приміщенні проходить по експоненційному закону. Очевидно, що щільність звукової енергії, що встановилася в приміщенні росте зі збільшення потужності джерела звуку  $P_a$  і падає зі збільшенням загального звукопоглинання  $A$ , де  $A = a \cdot S$  (6). В реальних умовах звукове поле в приміщенні не може рахуватися виключно дифузним, процесу наростання звукової енергії властиві флуктуації. Після закінчення розмови щільність звукової енергії, що залишилася, через деякий час  $t$  буде складати:

$$\varepsilon(n \cdot t_{cp}) = S_0(1 - \alpha)^n, \quad n = t / t_{cp} = c_{зв} S t / 4V \quad (7)$$

З рівняння (7) слідує, що

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cdot \exp\left(\frac{c_{зв} \ln(1 - \alpha) S}{4V} \cdot t\right), \quad (8)$$

$$\text{де } \varepsilon_0 = \frac{4P_a}{c_{зв} \alpha S}. \quad (9)$$

Процес спадання звукової енергії протікає повільно, помітний на слух і грає важливу роль в сприйнятті слухом. Звукова енергія поглинається не тільки поверхнями перепон приміщення, а й середовищем поширення. Втрати енергії в повітряному середовищі обумовлені в'язкістю і теплопровідністю повітря, а також молекулярним поглинанням. Поглинання звукової енергії повітрям залежить від пробігу звукової хвилі і визначається як

$$\varepsilon = \varepsilon_0 e^{-\mu l}, \quad (10)$$

де  $l = c_{зв} t$  – довжина пробігу звукової хвилі;  $\varepsilon_0$  – установлена щільність звукової енергії в приміщенні;  $\mu$  – коефіцієнт загасання, рівний зворотному значенням шляху, на якому щільність енергії зменшується в  $e$  разів. Коефіцієнт загасання  $\mu = 52,5 F^2 \eta / c_{зв} \rho_0$  залежить від щільності  $\rho_0$ , в'язкості  $\eta$  повітря, частоти  $F$ , а також від температури і вологості повітря. Зі врахуванням рівняння (8) можна представити в вигляді:

$$\varepsilon(t) = \frac{4P_a}{c_{зв} \alpha S} \cdot \exp\left(\frac{S \ln(1 - \alpha) - 4\mu V}{4V} \cdot c_{зв} t\right) \quad (11)$$

### Характеристики шумів

За типом обвідної амплітудно-частотного спектра шуми поділяються на білий, рожевий і рівномірно маскуючий. Залежно від ширини частотного спектра шуми можуть бути

широкопasmовими, вузькопasmовими, октавними, третьоктавними та ін.

Білий шум характеризується спектральною щільністю потужності, що не залежить від частоти. При лінійній шкалі частоті білому шуму відповідна характеристика 1 (рис. 1а). Вона розташовується горизонтально по всьому частотному діапазоні. У октавній шкалі частот ця характеристика приймає вигляд прямої з підйомом +3 дБ на октаву в бік більш високих частот.

Однакове маскування у всьому звуковому діапазоні частот обумовлюється тим, що критичні смуги слуху до 500 Гц по ширині приблизно однакові, а далі з ростом частоти їх полоса лінійно зростає. При сприйнятті звуку слуховий апарат людини поділяє його на критичні смуги (або частотні групи) слуху. У діапазоні частот від 20 до 16000 Гц число критичних смуг дорівнює 24.

На частотах до 500 Гц ширина частотних груп  $\Delta F_{кр}$  дорівнює приблизно 100 Гц. На частотах більше 500 Гц ширина частотних груп збільшується пропорційно середній частоті  $F_{ср}$ , причому дотримується постійності відношення, що дорівнює  $\Delta F/F_{ср}=0,2$ .

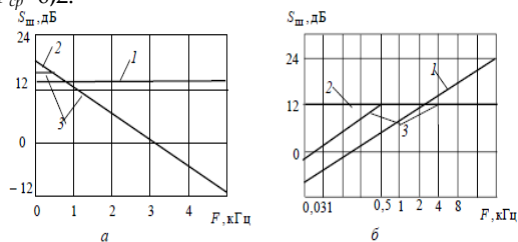


Рис. 1 Частотні характеристики спектральної щільності потужності шумів: а - в лінійній шкалі частот; б - в октавній шкалі частот; 1 - білий шум, 2 - рожевий шум, 3 - рівномірно маскуючий шум

Графік залежності ширини критичної смуги слуху від її середньої частоти наведено на рис. 2. На інтервалах частотних груп слух інтегрує збудження по частоті і не реагує на особливості структури порушення. З цієї ж причини слух сприймає тільки потужність шуму в критичних смугах слуху. При дії широкопasmового шуму слуховий аналізатор виділяє із суцільного спектра дискретний спектр, число складових якого дорівнює числу критичних смуг слуху. Частотні характеристики спектральної щільності потужності шумів в октавній шкалі частот показані на рис. 1б. Маскування звукових сигналів є радикальним засобом нейтралізації акустичних каналів витоку мовної інформації. Для ефективного застосування технічних засобів захисту мовної інформації потрібне детальне вивчення особливостей методів маскування інформаційних звукових сигналів, що проникають за межі контрольованої зони з приміщень, в яких циркулює мовна інформація, що захищається.

Підвищення порога чутливості називають маскуванням. Величина маскування визначається формулою:

$$M = L_{псш} - L_{пст} \quad (12)$$

де  $L_{псш}$  і  $L_{пст}$  - рівні порогів чутності в шумах і в тиші.

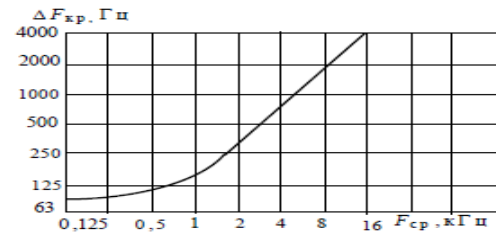


Рис. 2. Залежність ширини критичної смуги слуху від її середньої частоти

Абсолютний поріг чутливості є порогом, вимірним в повній тиші для гармонійного сигналу. Він визначений як середньостатистична величина для людей у віці 18-20 років при дії сигналу тривалістю не менше 250 мс. Крива рівня абсолютного порога чутності показана на рис. 3.

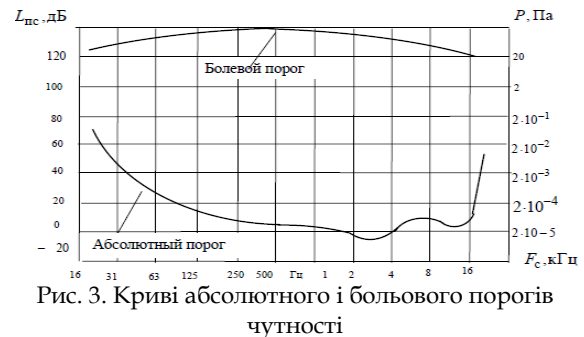


Рис. 3. Криві абсолютного і більового порогів чутності

Нульовому рівню відповідає звуковий тиск  $2 \cdot 10^5$  Па. Пороги чутності різні для лівого і правого вуха і залежать від віку. На частоті 10 кГц чутливість вуха 60-річної людини на 20 дБ нижче, ніж у 20-річного. При тиску 60...80 Па людина відчуває тиск на вуха. Ця величина тиску називається порогом дотику. Тиск понад 150 ... 200 Па викликає больові відчуття в органах слуху і називається больовим порогом (рис. 3). Слухова система людини адаптована до звуків малої та середньої сили з рівнем тиску не вище 94 ... 96 дБ. Звуки з рівнем тиску більше 75 дБ при тривалій дії можуть привести до повної глухоти.

У напрямку низьких частот зі значення 500 Гц поріг чутності різко зростає і для слухового відчуття потрібно більш високий звуковий тиск (рис. 1.33). На частоті 100 Гц поріг чутливості по звуковому тиску в  $10^4$  раз більше, ніж на частоті 1000 Гц. У напрямку більш високих частот поріг чутливості спочатку знижується (в 8-10 разів на частотах 2-4 кГц), а потім починає підвищуватися так само, як і в низькочастотному діапазоні. Рівень звукового тиску характеризує об'єктивно тільки фізичні процеси, але з вище розглянутого випливає, що звуки однакової інтенсивності в різних частотних діапазонах можуть бути чутними і нечутними.

Для оцінки сприйняття звуку служить характеристика, названа рівнем слухового відчуття:

$$E = 10 \lg \frac{I}{I_{пс}} = 10 \lg \frac{I}{I_0} - 10 \lg \frac{I_{пс}}{I_0} = L_I - L_{пс} \quad (13)$$



де  $L_{пс}$  - рівень інтенсивності звуку на порозі чутності.

З отриманого вираження слідує, що рівень відчуття представляє собою ту частину рівня інтенсивності звуку, яка знаходиться над рівнем порогу чутності на тій же частоті. При зміні порога слуху змінюється і рівень чутливості  $E$ . При інтенсивності звуку  $I$  в умовах прийому в шумах рівень чутливості звуку  $E_{ш}$  з урахуванням (13) визначається як:

$$E_{ш} = 10 \lg \frac{I}{I_{псш}} = 10 \lg \frac{I/I_0}{I_{псш}/I_0} = \quad (14)$$

$$= L_I - L_{псш} = L_I - L_{пст} - M = E_{\tau} - M$$

де  $I_{псш}$  - інтенсивність на порозі чутності при наявності перешкод і шумів;  $E_{ш}$  - рівень відчуття того ж звуку в тиші.

Експериментально встановлено, що при дії чистого тону з рівнем інтенсивності 100 дБ людина чує другу гармоніку з рівнем ньому інтенсивності 88 дБ, третю - з рівнем 74 дБ і т.д., хоча вищі гармоніки в чистому тоні відсутні.

Причина прослуховування вищих гармонік чистого тону, очевидно, полягає в нелінійних властивостях слухового тракту людини, що спотворює вхідний звуковий сигнал. При впливі на органи слуху двох тонів різних частот, що не падають в одну смугу слуху, людина може прослуховувати тон різниці частот з достатньою гучністю і тон сумарної частоти, а також і інших комбінаційних частот  $F = mF_1 \pm nF_2$  з меншими рівнями. При дії на слух складних звуків зі складовими на кратних частотах людина відчуває такий же звук по частотному складу, але зі зміненим співвідношенням амплітуд складових частотного спектру в результаті збігу комбінаційних частот з вихідними частотами.

На практиці здебільшого використовуються прилади з масуванням інформації широкосмуговим білим шумом. Криві порогу чутності тону з частотою  $F_c$  при масуванні білим шумом показані на рис. 4.

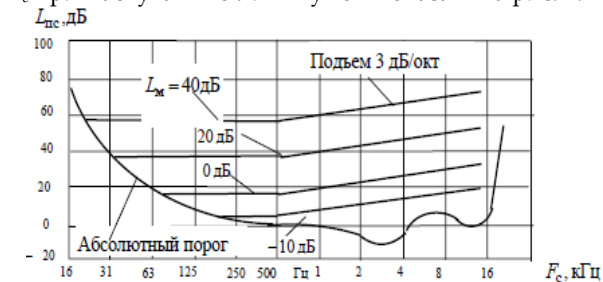


Рис. 4. Криві порогу чутності тону з частотою  $F_c$  при масуванні білим шумом

Так як слух реагує на енергію в критичних смугах слуху, які до 500 Гц по ширині приблизно однакові, то маскування в цьому звуковому діапазоні однакове, тобто поріг чутності від частоти не залежить. Далі зі зростанням частоти їх критичні смуги лінійно ростуть, їх ширина пропорційна середній частоті. У цьому діапазоні при збільшенні частоти в 10 разів поріг чутності зростає на 10 дБ.

## Розбірливість мови.

Основною характеристикою будь-якого каналу передачі мови є зрозумілість мови. Для визначення цієї характеристики застосовується статистичний метод за участю великої кількості слухачів і дикторів. Розроблений непрямий кількісний метод визначення зрозумілості мови через її розбірливість. Під розбірливістю мови розуміють відносну або процентну кількість прийнятих (понятих) елементів мови із загального числа переданих по каналу. Елементи мови становлять склади, звуки, слова, фрази, цифри. У відповідність їм поставлені складова, звукова, словесна, смислова та цифрова розбірливість. Перевагою застосування на практиці отримали складова, звукова і словесна розбірливість. Для вимірювання розбірливості розроблені артикуляційні таблиці складів, звукосполучень і слів з урахуванням зустрічності їх в російській мові. Вимірювання розбірливості проводиться за допомогою артикуляційної групи тренуваних слухачів і дикторів без порушення слуху і мови, тому й метод називається артикуляційним.

У таблиці наведені градації зрозумілості мови і відповідні їй розбірливості.

Таблиця 1

Зрозумілість	Чіткість, %	
	Складова	Словесна
Гранично допустима	25-40	75-87
Задовільна	40-50	87-93
Хороша	50-80	93-98
Відмінна	80 і вище	98 і вище

Одночасно із зазначеними випробуваннями були виміряні статистичні залежності між складовою, словесною, звуковою і смисловою розбірливістю для російської мови.

Формантна теорія, розроблена Флетчером і Коллардом, дозволила встановити безпосередній зв'язок між розбірливістю мови і характеристиками тракту передачі мови. Звукові одиниці характеризуються різними властивостями в залежності від різних факторів їх розгляду. Утворенню звукових одиниць відповідає артикуляційний фактор, який називають анатомо-фізіологічним. Акустичний фактор відноситься до властивостей звукових одиниць в результаті роботи вимовних органів, що і визначає звучання мови. Сприйняття звуків людиною відноситься до перцептивного фактору.

Спочатку опису звукових систем здійснювалося на основі аналізу артикуляцій. Але з розвитком техніки акустичного аналізу звуків дослідники приходять до висновку, що акустичні характеристики мови найбільш важливі. Сучасна фонетика враховує тісний зв'язок і взаємозумовленість між артикуляційними та акустичними характеристиками мови.

Дослідження сприйняття мовних одиниць показує, що вони сприймаються не так, як будь-які інші звуки. Це пояснюється як здатністю людини перетворювати їх у відповідні артикуляції, так і функціональними властивостями мовних звукових одиниць.

Звуки мови є складними звуками в основному через те, що процес створення мови супроводжується резонансними явищами, особисті частоти яких змінюються залежно від того, який звук в даний момент вимовляється. Джерело звуку викликає в системі резонаторів тракту, що створюють мову, власні коливання. Звуки на власних частотах резонаторів є найбільш посилені. Власні частоти резонаторів називаються формантами звуку, так як вони формують характерне звучання голосних і приголосних. Частоти формант визначаються конфігурацією мовного тракту і властивості джерела звуку на них не впливають. Це одне з найважливіших положень акустичної теорії створення мови. Це положення дозволяє пов'язувати частоти формант тільки зі специфікою артикуляції і за частотами формант судити про положення артикуляційних органів.

Число формант, що істотно характеризують певний звук мови, дослідники визначають по різному, але в більшості випадків дослідники вважають, що в утворенні певного звуку беруть участь чотири форманти. Форманти звуків мови заповнюють весь частотний діапазон від 150 до 7000 Гц. Середня вірогідність появи формант в тій чи іншій ділянці частотного діапазону для кожної мови повністю визначена. Домовились ділити весь частотний діапазон на 20 смуг з однаковою ймовірністю появи формант в кожній з них. Відповідні смуги назвали смугами рівної розбірливості. Виявилося, що при достатньо великому обсязі переданої мови ймовірності появи формант підкоряються правилу адитивності. Внаслідок цього ймовірність появи формант в кожній смузі рівної розбірливості дорівнює 0,05.

Якщо сприймати мову в умовах шумів і перешкод, то її розбірливість виходить меншою. Це пов'язано з тим, що форманти мають різні рівні інтенсивності: у гучних звуків вище, ніж у глухих. Тому при підвищенні рівня шумів спочатку маскуються форманти з низькими рівнями, а потім з більш високими. При збільшенні рівня шумів і перешкод ймовірність сприйняття формант поступово зменшується. Коефіцієнт, що визначає це зменшення, називають коефіцієнтом сприйняття або коефіцієнтом розбірливості  $w$ . У кожній смузі рівної розбірливості ймовірність прийому формант буде  $\Delta A = 0,05w$ .

Так як вся енергія звуків мови в основному зосереджена в формантах, то рівні формант практично збігаються з рівнями звуків мови. Поріг чутності в шумах визначається спектральними рівнями шумів. Різниця між середнім спектральним рівнем мови і спектральним рівнем шумів буде визначати ймовірність появи формант вище за рівень шумів. Коефіцієнт розбірливості  $w$  визначається рівнем відчуття формант

$$E = B_p - B_{ш}, \quad (15)$$

де  $B_p$  - середній спектральний рівень мовлення;  $B_{ш}$  - спектральний рівень шумів. Для рівнів відчуття, що знаходяться в межах 0-18 дБ, коефіцієнт розбірливості можна визначити за наближеною формулою  $w = (E + 6) 30$ .

Для кожної смуги рівної розбірливості коефіцієнт розбірливості ( $w_n$ ) буде різним. Тоді сумарна ймовірність прийому формант (розбірливість формант) визначається як:

$$A_{\phi} = \sum_{n=1}^{20} 0.05w_n \quad (16)$$

При мовному сигналу:  $B_s$ , дБ - інтегральний (сумарний) рівень мовного сигналу в смузі частот 100-10000 Гц;  $N$  - число дискретних смуг спектра сигналу;  $B_{pi}$ , дБ - спектральні рівні мовного сигналу в  $i$ -х дискретних смугах спектру ( $i = 1, \dots, N$ );  $D_i$ , дБ - спектральні рівні артикуляційного параметра мови ( $i = 1, \dots, N$ );  $w_i$  - вагові коефіцієнти дискретних смуг ( $i = 1, \dots, N$ ). Вихідні дані для типових мовних сигналів з рівнями:  $B_s = 64$  дБ (тиха мова),  $B_s = 70$  дБ (мова із середнім рівнем),  $B_s = 76$  дБ (гучна мова) і  $B_s = 84$  дБ (мова, посилена технічними засобами) і характеристики рівноартикуляційних смуг і октавних смуг спектра мовного сигналу, найбільш прийнятні з практичної точки зору, наведені в табл.[5]. Представлення спектру в вигляді 20 рівноартикуляційних смуг забезпечує отримання більш точних розрахунків словесної розбірливості. Своє застосування цей спосіб знаходить, як правило, в автоматизованих вимірювальних комплексах. При наявності вимірювальної апаратури загального застосування найбільш простим способом є представлення спектру мовного сигналу у вигляді 7 октавних смуг. При цьому методична помилка в порівнянні з 20 смуговим поданням спектра не перевищує 10%.

За умовами прийому мовного сигналу:  $Z_i$  - коефіцієнти ослаблення (загасання)  $i$ -го спектрального рівня мовного сигналу на трасі розповсюдження акустичної хвилі від джерела мови до прийомного пристрою, дБ;  $Bn_i$  - спектральні рівні шуму в  $i$ -й дискретній смузі спектра сигналу, дБ. Значення  $Z_i$  і  $Bn_i$  визначаються розрахунковим або інструментальним способами. Застосування розрахункового способу визначення  $Z_i$  і  $Bn_i$  виправдано в оціночних завданнях при наявності вихідних даних про звукопоглинаючі і відпоглинаючі властивості (характеристики) різноманітних середовищ, через які проходить акустична хвиля від джерела мови до приймального пристрою, а також при відомих спектральних характеристиках шуму в точці прийому мовного сигналу. Розрахунковим або інструментальним способом визначаємо  $Z_i$  і  $Bn_i$ ; за формулою (17) розраховуємо  $E_i$  - відношення сигнал/шум на вході прийомного пристрою мовного сигналу в дискретних смугах спектру ( $i = 1, \dots, N$ )

$$E_i = B_{si} - Bn_i + Z_i = Qp_i + Z_i. \quad (17)$$

За формулою (18) розраховуємо  $K_{pi}$  коефіцієнти розбірливості мови в дискретних смугах спектру ( $i = 1, \dots, N$ )

$$K_{p_i} = \begin{cases} \frac{0.78 + 5.46 \exp\left[-\frac{0.0043(E_i - \Delta_i + 27.3)^2}{-0.1(E_i - \Delta_i)}\right]}{1 + 10} & \text{якщо } E_i - \Delta_i \leq 0, \\ 1 - \frac{0.78 + 5.46 \exp\left[-\frac{0.0043(E_i - \Delta_i + 27.3)^2}{-0.1(E_i - \Delta_i)}\right]}{1 + 10} & \text{якщо } E_i - \Delta_i > 0. \end{cases} \quad (18)$$

За формулою (19) розраховуємо  $K_p$  – коефіцієнт розбірливості мови в частотній смузі мовного сигналу

$$K_p = \sum_{i=1}^N w_i K_{p_i} \quad (19)$$

За формулою (20) розраховуємо словесну розбірливість мови:

$$W = \begin{cases} 1.54p^{0.25} [1 - \exp(-11K_p)] & \text{якщо } K_p < 0.15, \\ 1 - \exp\left(-\frac{11K_p}{1 + 0.7K_p}\right) & \text{якщо } K_p \geq 0.15. \end{cases} \quad (20)$$

#### Висновок

Дана теоретична модель захищеності приміщення мовної інформації дозволяє більш раціонально використовувати засоби та час без використання дорогою коштуючої апаратури на теоретичному рівні; при цьому захистити приміщення від викрадення по акустичному каналу витоку інформації, що циркулює в межах заданого приміщення з врахуванням параметрів даного приміщення, характеристик розповсюдження звукових хвиль та їх параметрів із врахуванням процесу реверберації та температури приміщення, а також сигналу зашумлення та статистичних характеристик розбірливості мови. Основним показником ефективності оцінювання мовного сигналу є поріг мінімальної розбірливості. Отже, основним критерієм захищеності акустичних каналів слід вважати величину розбірливості мовного сигналу на виході

оцінюваного каналу витоку інформації. Крім показника розбірливості широко використовується відношення сигнал/шум в заданій смузі. Очевидно, що звуження смуги аналізу дозволяє знизити абсолютне значення сигнал/шум, однак це ж веде і до зниження загальної розбірливості. Істотне значення на рівень розбірливості мови надає реверберація, обумовлена геометричними особливостями замкнутих приміщень.

Показник словесної розбірливості як похідне від загальної розбірливості, служить основою методики оцінки ефективності закриття технічних каналів витоку мовної інформації. Найбільш доступними, з точки зору несанкціонованого моніторингу, є акустичний. Вибір завади при захисті акустичних каналів витоку здійснюється відповідно до забезпеченням мінімуму складової розбірливості мови. Отже, енергетичний спектр оптимальної маскуючої перешкоди повинен з точністю до постійного множника повторювати спектр акустичного сигналу.

#### Література

- [1] Хорошко В.О. Методи керування інформаційною безпекою / В.О. Хорошко., Я.В. Невойт., М.М. Дівізінюк., І.П. Шумейко., Ю.Ю. Гончаренко. Севаст.: Вип. СХУЯЄтаП. 2010. – 328с.
- [2] Конахович Г.Ф. Захист інформації в телекомунікаційних системах / Г.Ф. Конахович., В.П. Климчук., С.М. Паук., В.Г. Потапов., В.М. Чуприн., О.О. Горбунов. Київ, 2009. – 342с.
- [3] Зайцев А.П. Технические средства и методы защиты информации: Учебник для вузов / А.П. Зайцев., А.А. Шелупанов., Р.В. Мещеряков., и др. Москва, 2009. – 508с.
- [4] Бузов Г.А. Защита от утечки информации по техническим каналам / Г.А. Бузов., С.В. Калинин., А.В. Кондратьев. Москва, 2005. – 418с.
- [5] Железняк В.К. Защита информации от утечки по техническим каналам: учебное пособие / В.К. Железняк. Санкт-Петербург, 2006. – 188с.

УДК 681.36 (045)

**Конахович Г.Ф., Голубничий О.Г., Одарченко Р.С., Войдюк П.Ю. Разработка теоретического метода защищенности помещений в зависимости от параметров полезных сигналов, сигналов зашумления и разборчивости речи**

**Аннотация.** В статье рассматривается теоретический метод оценки защищенности помещений в зависимости от параметров полезных сигналов и сигналов зашумления. Приведенная комплексная модель защищенности информации по акустическому каналу утечки, алгоритм проведения расчетов и исследования характеристик звука в помещении, характеристики сигналов зашумления и разборчивости речи при известных значениях акустического поля.

**Ключевые слова:** реверберация, зашумления, разборчивость речи, акустический канал, шум.

**Konahovich G.F., Golubnichiy O.G., Odarchenko R.S., Voydyuk P.Y. Development theoretical methods of protection premises, depending on the parameters of the useful signals, the noisy signals and readability of the speech.**

**Abstract.** We consider a theoretical method for assessing security facilities depending on the parameters useful signal and noise in signals. Present complex model of information security in an acoustic channel leakage, the calculation algorithm and study the characteristics of the sound in the room, the characteristics of noise in signals and readability of speech with known values of the acoustic field.

**Keywords:** reverb, noise in, speech readability, acoustic channel noise.

Отримано 2 жовтня 2012 року, затверджено редколегією 1 листопада 2012 року  
(рецензент д.т.н., професор О.К. Юдін)